人工光暗条件下花绒寄甲成虫活动行为节律

吕　飞，海小霞，王志刚*，刘炳响，阎爱华，毕拥国

（河北农业大学林学院，河北省林木种质资源与森林保护重点实验室，河北保定 071000）

摘要：【目的】花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire)是林木蛀干害虫重要的天敌昆虫，研究其行为活动昼夜节律，可以深入了解该虫的生物学特性、阐明其生活习性。【方法】采用室内(温度 27 ±1℃、相对湿度 65% ±10%)条件下雌雄单头隔离饲养的方法，将该虫的行为活动分为移动、取食、饮水、木块处静息和木块外静息 5 种行为，每隔 30 min 记录一次，于 2014 年 7 月 10 - 15 日连续进行观察。【结果】移动和木块处静息行为存在明显的昼夜节律；移动行为主要发生在暗期，移动高峰发生在 20:30 - 22:30 和 2:00 - 4:00 之间，而在光期的 6:00 - 16:30 之间移动行为发生较少；木块处静息行为主要发生在光期的 9:30 - 16:30 和暗期的 0:00 - 1:30 之间，而在 20:30 - 23:00 的暗期中木块处静息行为发生较少。一天内，该虫发生取食和饮水行为均较少，两类行为主要发生在 0:00 - 14:00 之间。木块外静息行为主要发生在暗期的 0:30 - 3:30 和 20:00 - 22:00 之间。雌、雄成虫的各行为出现的时间和发生百分率无显著差异。【结论】花绒寄甲成虫活动行为受到光、暗条件的显著影响，移动行为主要发生在暗期，而各活动行为在雌、雄虫之间无显著性差异。

关键词：花绒寄甲；成虫；性别差异；活动行为；昼夜节律

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2015)06-0658-07

Circadian behaviors of the parasitic beetles, *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) under artificial light/dark conditions

LYV Fei, HAI Xiao-Xia, WANG Zhi-Gang*, LIU Bing-Xiang, YAN Ai-Hua, BI Yong-Guo (Key Laboratories for Germplasm Resources of Forest Trees and Forest Protection of Hebei Province, College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: 【Aim】The parasitic beetle, *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) is the dominant species among the natural enemies against the wood-boring insects of trees. The research of the circadian rhythm of male and female adult behaviors of *D. helophoroides* can help us to understand their biological characteristics and illustrate their living habits. 【Methods】The behaviors of *D. helophoroides* adults were observed and recorded at a 30 min interval by single rearing separately under the temperature 27 ±1℃ and relative humidity 65% ± 10% in the laboratory from July 10th to 15th, 2014. The observed behaviors of males and females were divided into five types, *i. e.*, moving, foraging, drinking, resting with contacting wood and resting without contacting wood. 【Results】The moving and resting with contacting wood behaviors of *D. helophoroides* adults showed obvious circadian rhythm. The moving behavior mostly took place during the dark period, and the peak of moving was recorded at 20:30 - 22:30 and 2:00 - 4:00 of the dark period, while the lowest was recorded at 6:00 - 16:30 of the light period. The resting with contacting wood occurred mainly at 9:30 - 16:30 of the light period and 0:00 - 1:30 of the dark period, while the lowest was recorded at 20:30 - 23:00 of the dark period. The occurrence of foraging and drinking behavior was very low within a day and happened mainly after 0:00 and before 14:00

基金项目：国家自然科学基金项目(C30571501)；河北省自然科学基金项目(C2012204098)；河北省科技支撑计划项目(12222905)

作者简介：吕飞，男，1982 年生，河北张家口人，博士研究生，研究方向为林业昆虫生理生态及害虫综合治理，E-mail：haimolv@foxmail.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail：wzhg@hebau.edu.cn

收稿日期 Received：2014-12-21；接受日期 Accepted：2015-04-26

o’clock. The peak of resting without contacting wood behavior was recorded at 0:30 – 3:30 and 20:00 – 22:00 of the dark period. The percentages and time points of occurrence of various behaviors showed no significant difference between females and males. 【Conclusion】The behaviors of *D. helophoroides* are influenced significantly by light and dark conditions. The moving behavior mostly takes place during the dark period; however, there is no significant difference in the percentages of various behaviors between females and males.

Key words: *Dastarcus helophoroides*; adult; sexual difference; activity behavior; circadian rhythm

每种生物的活动行为都是由许多重复单位所组成的,这些重复单位叫周期(cycle),完成一个完整周期所需要的时间被称为节律期(rhythm’s period),生物活动行为经常随着周围环境的变化而发生周期性的变化,如日周期、潮汐周期、月周期和年周期等(尚玉昌, 2005)。生物对外界环境条件昼夜变化的节律性反应,称其为昼夜节律(日节律)。日节律不仅在昆虫的行为活动中存在,而且在许多组织系统中也存在,如取食、排泄、繁殖、移动、体壁以及许多关键的内分泌器官(Klowden, 2013)。因此,对昆虫活动行为日节律准确把握,是深入了解昆虫生物学特性的重要基础;而且也是人工饲养、生物防治、生理生态等相关内容研究的重要基础(杨茂发等, 2013)。

花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire)属鞘翅目(Coleoptera),穴甲科(Bothrideridae),又称花绒坚甲、花绒穴甲、木蜂寄甲和缢翅寄甲等(王希蒙等, 1996),国外主要分布在日本的九州(Tadahisa, 2003)、大阪(王希蒙等, 1996)和韩国(Lim *et al.*, 2012),国内在北纬 22°26′ ~ 42°32′,海拔 3.3 ~ 1 184.9 m 之间均有分布(黄大庄等, 2008; 魏建荣等, 2009)。是大中型天牛的有效天敌(李建庆等, 2009; Hu *et al.*, 2009; Haack *et al.*, 2010; 秦瑞豪等, 2012; 魏建荣和牛艳玲, 2012; 杨忠岐等, 2012; Yang *et al.*, 2014; 张彦龙等, 2014),如对松褐天牛 *Monochamus alternatus* Hope、光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky)等均有显著的防治效果。目前,对该虫的研究主要是对其生物学特性(魏建荣等, 2007)、分类地位(王希蒙等, 1996; 杨忠岐, 2004)、林间释放防治天牛技术及其与天牛互作的化学生态学(Wei *et al.*, 2008, 2009, 2013)等方面。而对该虫人工饲养时,常发生的几种行为活动规律的研究未见报道。鉴于此,本文在人工控制条件下(温度 27 ± 1℃、相对湿度 65% ± 10%),对人工饲养该虫时常发生的几种不同行为节律进行深入研究,进而为该虫生理学、行为生态学等方面的研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

花绒寄甲成虫为羽化后约 60 d 成虫,由北京农业职业学院昆虫研究所提供,在养虫室内,用自制的养虫盒(18.5 cm × 12.5 cm × 7.5 cm)进行饲养观察,盒底放一层滤纸,3 个角落分别放带有下方自制刻槽的木块(3 cm × 3 cm × 3 cm)、食物(烘干的黄粉虫)、湿棉球(塑料小盖上面),另外一个空着。在以下条件下进行饲养:光周期约 15L: 9D,温度 27 ± 1℃,相对湿度 65% ± 10%。每日 13:00 左右选择试虫静息时间更换湿棉球以保证水源充足供给。

1.2 行为观察

随机选择健康活泼雌雄成虫(唐桦等, 2007)接入养虫盒中,每盒接入 1 头,分别设置 20 个重复。为了消除雌雄性信息素的影响,雌雄成虫分开放置。试虫在上述条件下适应 3 日后,从 7 月 10 日 6:30 – 15 日 6:30,每 30 min 为一个观察时间段,期间所观察到的活动行为即记为一个行为事件(蒋志刚, 2004),连续 5 d 对花绒寄甲成虫各种活动行为进行观察和记录;晚上(20:00 – 5:00)在红光灯下观察。观察过程中,若发现有花绒寄甲成虫死亡,则补接 1 头。共观察了 240 次,获得 9 600 个行为数据。

1.3 行为特征划分

根据人工饲养中活动行为表现,将所有行为划分为 5 类:(1)移动(moving):观察时成虫正在养虫盒内爬行;(2)取食(foraging):观察时成虫头部口器接触食物;(3)饮水(drinking):观察时成虫头部接触湿棉球;(4)木块处静息(resting with contacting wood):观察时成虫位于木块下的刻槽内静止不动;(5)木块外静息(resting without contacting wood):观察时成虫处于木块以外的地方静止不动。

1.4 行为时间划分

日时间划分:光照 5:00 – 20:00;黑暗 20:00 – 5:00。

1.5 数据统计与分析

采用 Mann-Whitney *U* 检验各行为发生百分率在光照和黑暗条件下差异，及各行为发生百分率雌虫和雄虫之间的差异（杨茂发等，2013）。数据分析处理在 IBM SPSS Statistics 21.00 和 Microsoft Office 2003 上进行，作图在 Origin9.0 上完成。

2 结果

2.1 花绒寄甲成虫活动行为昼夜节律

2.1.1 雌虫活动行为昼夜节律：花绒寄甲雌虫 5 种行为活动昼夜节律如图 1 所示，结合 5 d 该虫的活动行为发生情况，发现移动和木块处静息行为存在明显的昼夜节律。移动行为高峰期发生在 20:30 – 21:30，次高峰发生在 2:00 – 3:30，之后逐渐下降，6:00 – 19:00 发生移动行为较少，之后回升。木块处静息行为的高峰期发生在 12:00 – 16:30，之后开始下降，在 20:30 – 23:00 发生较少，之后回升，在 0:00 – 1:30 出现一个小高峰，随后开始下降，2:00 – 3:00 之后再回升。一天内，发生取食和饮水行为均较少；取食行为主要发生在 4:30 – 14:00，14:00 – 15:30 几乎没有取食行为发生，其他时间段有少量试虫发生取食行为；饮水行为主要发生在 2:30 – 11:00，11:00 – 0:00 几乎没有饮水行为发生。木块外静息行为高峰期发生在 0:30 – 2:00，之后开始波动下降，7:00 – 8:30 降为最低，直到 15:00 – 16:30 开始回升，在 20:00 – 21:00 出现第 2 个高峰。

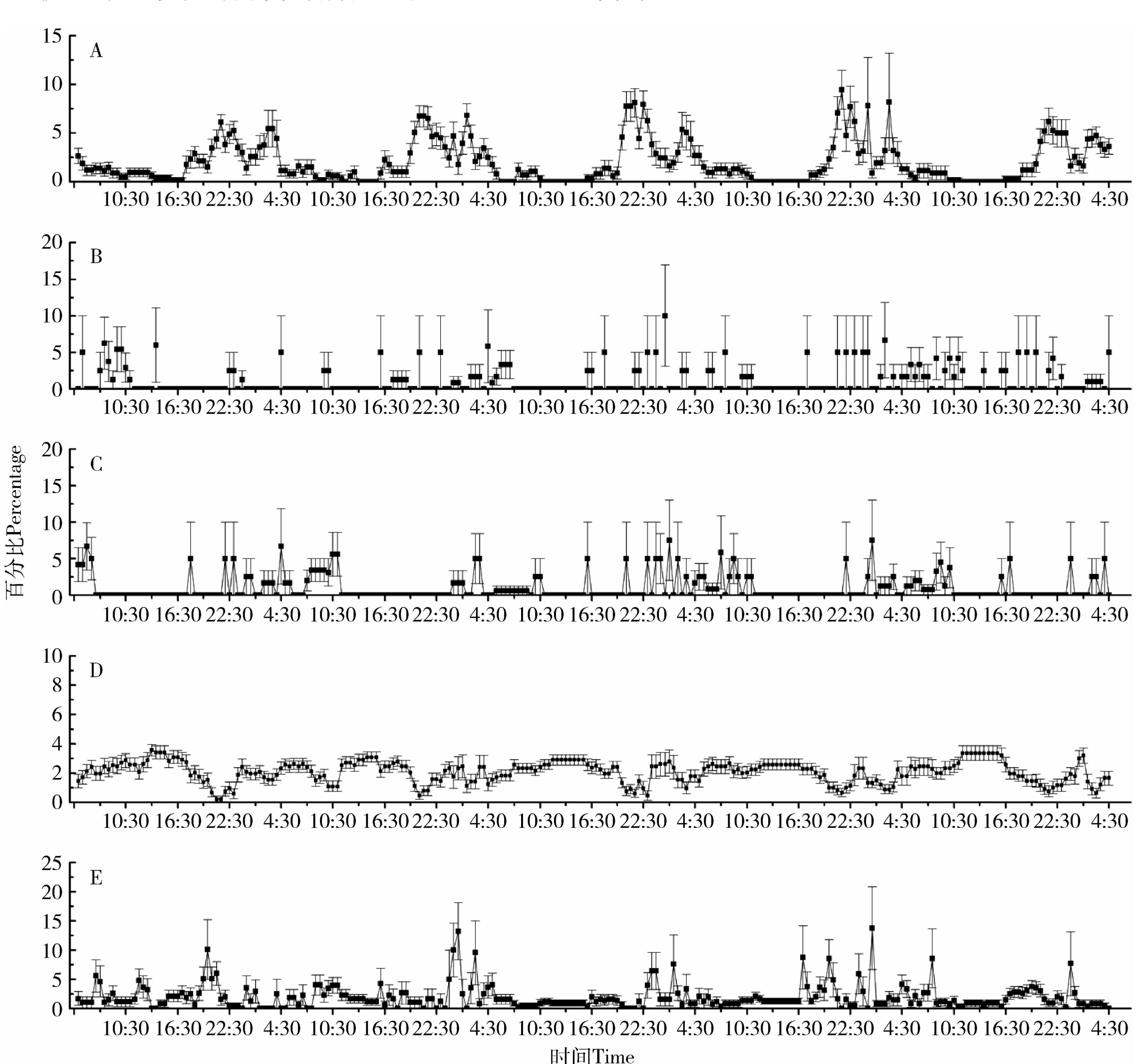


图 1 花绒寄甲雌虫行为活动昼夜节律

Fig. 1 Circadian rhythm of the behaviors of female adults of *Dastarcus helophoroides*

A：移动 Moving；B：取食 Foraging；C：饮水 Drinking；D：木块处静息 Resting with contacting wood；E：木块外静息 Resting without contacting wood. 图中数值为平均值 ± 标准误（n = 20）；图中百分比表示单个试虫一天出现同一行为在各个时间段的分配比率；光期为 5:00 – 20:00；暗期为 20:00 – 5:00。图 2 同。Data in the figure are mean ± *SE* (n = 20). The percentages in the figure indicate the occurrence frequency of single behavior of individual test insect in various time intervals within one day. The light period is 5:00 – 20:00, the dark period is 20:00 – 5:00. The same for Fig. 2.

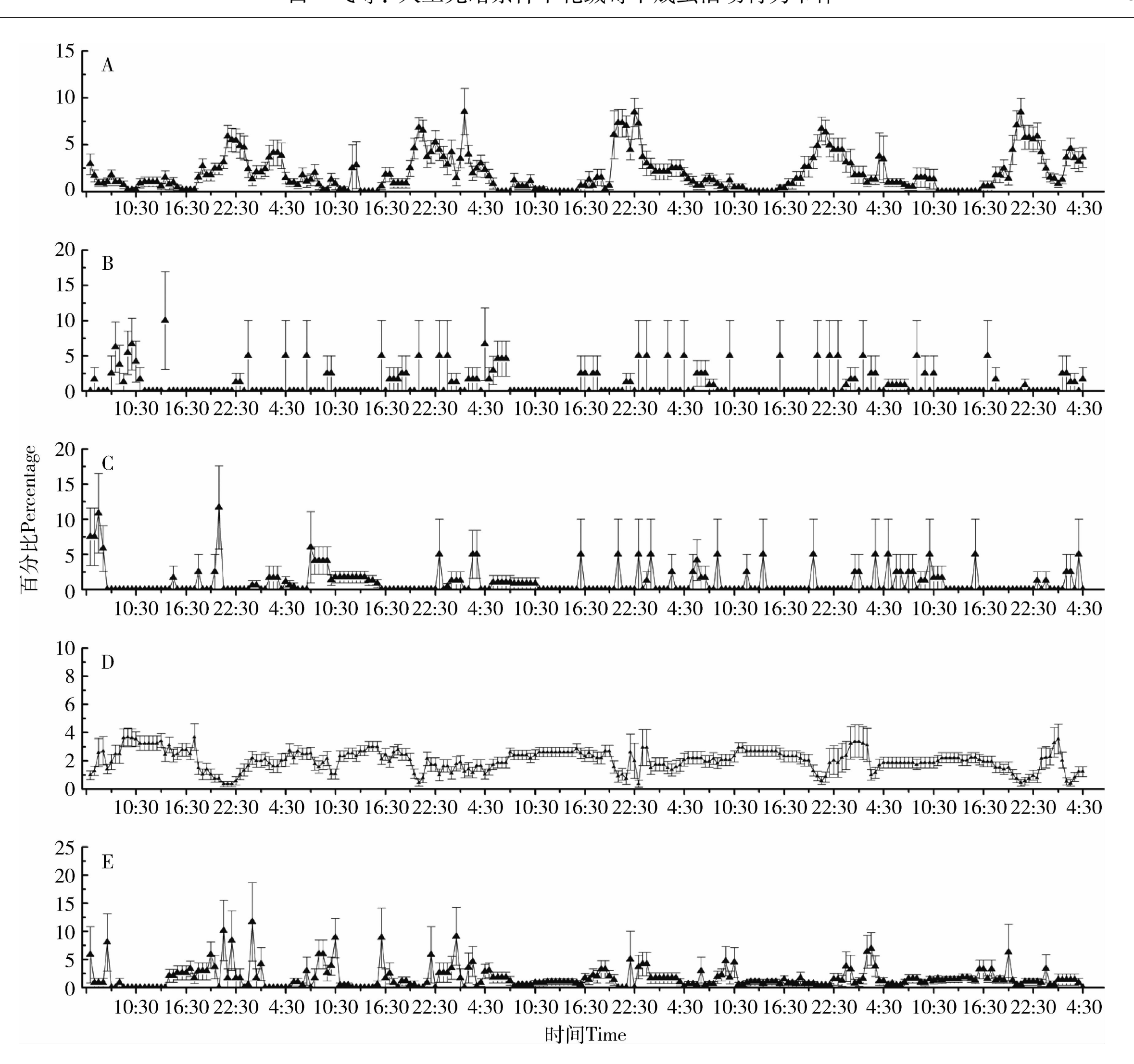


图 2　花绒寄甲雄虫行为活动昼夜节律

Fig. 2　Circadian rhythm of the behaviors of male adults of *Dastarcus helophoroides*

2.1.2　雄虫活动行为昼夜节律：对花绒寄甲雄虫 5 种行为活动昼夜节律作图分析（图 2），发现移动和木块处静息行为存在明显的昼夜节律。移动行为高峰期发生在 20:30 – 22:30，次高峰发生在 2:00 – 4:00，之后开始下降，6:00 – 16:30 发生移动行为较少，之后回升。木块处静息行为高峰期发生在 9:30 – 15:30，之后下降，在 20:30 – 23:00 发生较少，之后回升，在 0:30 – 1:30 出现第 2 个高峰，之后开始下降，3:00 – 3:30 后再回升。一天内，发生取食和饮水行为均较少，其中取食行为主要发生在 0:30 – 10:00，10:00 – 15:30 几乎不发生取食行为，其他时间段有少量试虫发生取食行为；饮水行为主要发生在 0:30 – 14:00，14:00 – 20:00 几乎无饮水行为发生，20:00 – 23:00 有少量试虫发生饮水行为。木块外静息行为在 0:30 – 3:30 出现 1 个高峰，之后开始波动下降，15:00 – 16:00 开始回升，在 21:00 – 22:00 出现第 2 个高峰。

2.2　光照和黑暗条件下花绒寄甲雌雄成虫活动行为比较

在光照和黑暗条件下（图 1 和图 2），雌雄成虫在黑暗条件下发生移动行为的百分率均高于光照条件下，木块处和木块外静息行为表现为光照高于黑暗，取食和饮水行为相差不大。光照和黑暗条件之间，雌虫的木块外静息（$U=7.000$，$P=0.310$）、取食（$U=10.500$，$P=0.690$）和饮水行为发生百分率（$U=9.000$，$P=0.548$）均无显著性差异；移动（$U=0.000$，$P=0.008$）和木块处静息行为发生百分率（$U=0.000$，$P=0.008$）呈极显著性差异。雄虫的取食（$U=7.000$，$P=0.310$）、饮水行为发生百分率（$U=4.000$，$P=0.095$）无显著差异，木块外静息行为发生百分率（$U=2.000$，$P=0.032$）存在显著性差异；移动（$U=0.000$，$P=0.008$）和木块处静息行为为

发生百分率(U=0.000,P=0.008)均呈极显著性差异。

在光照和黑暗条件下,5 种活动行为发生百分率雌雄虫之间均无显著性差异:光照条件下,移动(U=11.000,P=0.841)、取食(U=12.000,P=1.000)、饮水(U=9.500,P=0.548)、木块处静息(U=10.000,P=0.690)、木块外静息(U=5.000,P=0.151);黑暗条件下,移动(U=7.000,P=0.310)、取食(U=8.000,P=0.421)、饮水(U=6.000,P=0.222)、木块处静息(U=10.000,P=0.690)、木块外静息(U=8.000,P=0.421)。

3 结论与讨论

本试验结果显示该虫从 5:00 开始,移动行为发生百分率逐渐降低,到 6:00-16:30 处于一天内最低值,约有 0%~20% 的试虫发生移动行为;在光照条件下 55%~100% 的试虫静息于木块下自制刻槽内或者滤纸缝隙处,这和在田间观察该虫白天喜欢隐藏在树皮缝隙等隐蔽场所的情况相一致(秦锡祥和高瑞桐, 1988; 魏建荣等, 2010)。试验中发现雌雄虫的移动行为高峰期发生在 20:30-22:30,有 65%~85% 的试虫在该段时间内发生移动行为,而光照条件下,移动行为发生的百分率显著低于黑暗条件。这说明光照和黑暗条件显著影响该虫移动和静息行为的活动节律。前人对果蝇及仓鼠等哺乳动物的研究中已发现存在一个调节正常昼夜行为节律的基因(*clock* 基因),并且证明 *clock* 基因明显受到光周期的影响(蒋志刚, 2004);在对美洲鲎 *Limulus polyphemus* (L.)研究发现该虫的侧单眼可以感受昼夜的光信号(Battelle, 2013)。也许花绒寄甲成虫也存在一个类似的 *clock* 基因,通过复眼来感受光周期的变化从而调节各种活动行为的昼夜节律。

试验结果显示花绒寄甲成虫移动行为主要发生在 18:00 到次日 6:00,在 6:00-12:00 也有少量试虫发生移动行为。将试虫的活动时间分为光照和黑暗两种情况,黑暗条件下移动行为发生百分率显著高于光照条件下;此外,在光照条件下,发生静息行为的试虫数量之和达总试虫数量的 55%~100%,在黑暗条件下反而下降;说明该虫属于典型的夜行性昆虫。这与魏建荣等(2008)对花绒寄甲成虫行为学观察中,发现该虫活动行为发生在黄昏到第二天上午的结果相似;但是不同的是我们观察发现,该虫在 23:00 之后开始稍微下降,直到 2:00-4:00 又形成了一个小高峰。魏建荣等(2008)使用弱红光和黑暗条件刺激该虫,发现该虫对弱红光的趋性要强于黑暗条件,认为该虫具有一定的趋光性;秦锡祥和高瑞桐(1988)也认为该虫具有一定的趋光性。在其他目中研究发现夜行性昆虫具有较强的趋光性(靖湘峰和雷朝亮, 2004; Warrant and Dacke, 2011; 程文杰等, 2012),如:晚上,红天蛾 *Deilephila elpenor* (L.)可以区分不同的颜色刺激(Kelber *et al.*, 2002);汗蜂 *Megalopta genalis* (Halictidae)在黑暗的森林中可以利用视觉去寻找回巢的路线(Warrant *et al.*, 2004)。也许花绒寄甲成虫在夜晚也可以利用视觉信号对猎物寄主及配偶进行定位和识别。

另外,我们在试验中发现不同温度条件下,该虫的移动行为发生百分率有显著差异。关于温度影响寄生蜂搜索能力的研究较多,如:温度显著影响雅脊金小蜂 *Theocolax elegans* (Westwood)对米象 *Sitophilus oryzae* (L.)的寄生搜索率(高燕等, 2006);麦蛾柔茧蜂 *Habrobracon hebetor* (Say)对印度谷螟 *Plodiainter punctella* (Hübner)寄生搜索率也受到温度的显著影响(钟宝珠等, 2009)。我们推测温度对花绒寄甲的寄主搜索能力有显著的影响;因此,为了更好地掌握该虫的生物学特性,了解该虫的寄主定位机制,温度是如何影响该虫的活动能力需要进一步研究。

准确把握昆虫的各种行为活动规律,可以为昆虫寄主、配偶、产卵场所定位等行为生态学研究提供准确的研究时间段,使行为学研究更加准确可靠。如,在研究蜜蜂寄主定位行为学时,选取一天中蜜蜂[*Chelostoma rapunculi* (Lepeletier)和 *Hoplitis adunca* (Megachilidae)]活动高峰期 10:00-15:00 进行(Burger *et al.*, 2010; Milet-Pinheiro *et al.*, 2012);对二点委夜蛾 *Proxenus lepigone* (Moschler)幼虫的嗅觉引诱行为研究时,选择其取食活动的时间段(18:00-24:00)(李哲等, 2014)。因此,我们的试验结果可以为今后研究该虫的行为学提供了一个最佳的时间段,即该虫的活动高峰期为 20:30-22:30。

本试验结果显示,该虫的 5 种行为活动具有明显的昼夜节律性,因此,在不同环境条件下,调查该虫的种群密度时,应该选择相同时间段进行调查,避免因为活动节律的差异影响试验结果。另外,由于本实验仅仅是在室内人工控制条件下对该虫的日活动节律进行了观察,而对于不同季节、不同发育龄期等条件下的行为昼夜节律还需要进一步研究;此外,还有其他行为如产卵、交尾等行为的昼夜节律,试虫

各行为活动是如何衔接的，以及在自然环境条件下，该虫的日节律又是如何变化的都需要进行深入探讨。

参考文献（References）

Battelle BA, 2013. What the clock tells the eye: lessons from an ancient arthropod. *Integ. Comp. Biol.*, 53(1): 144 – 153.

Burger H, Dötterl S, Ayasse M, 2010. Host-plant finding and recognition by visual and olfactory floral cues in an oligolectic bee. *Funct. Ecol.*, 24(6): 1234 – 1240.

Cheng WJ, Zheng XL, Wang P, Lei CL, Wang XP, 2012. Sexual difference of insect phototactic behavior and related affecting factors. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 22(12): 3351 – 3357. [程文杰，郑霞林，王攀，雷朝亮，王小平，2012. 昆虫趋光的性别差异及其影响因素. 应用生态学报，22(12): 3351 – 3357]

Gao Y, Zhang ZR, Xu ZF, 2006. Effects of temperature and host density on parasitizing and host-feeding of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat. *Acta Entomologica Sinica*, 49(4): 636 – 642. [高燕，张中润，许再福，2006. 温度和寄主密度对雅脊金小蜂寄生和刺死米象幼虫的影响. 昆虫学报，49(4): 636 – 642]

Haack RA, Hérard F, Sun JH, Turgeon JJ, 2010. Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: a worldwide perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 55: 521 – 546.

Hu JF, Angeli S, Schuetz S, Luo YQ, Hajek AE, 2009. Ecology and management of exotic and endemic Asian longhorned beetle *Anoplophora glabripennis*. *Agr. Forest Entomol.*, 11(4): 359 – 375.

Huang DZ, Yang ZQ, Bei B, Sun N, Tang H, 2008. Geographical distribution of *Dastarcus helophoroides* in China. *Scientia Silvae Sinicae*, 44(6): 171 – 175. [黄大庄，杨忠岐，贝蓓，孙娜，唐桦，2008. 花绒寄甲在中国的地理分布区. 林业科学，44(6): 171 – 175]

Jiang ZG, 2004. Principles of Animal Behavior and Species Protection Methods. Science Press, Beijing. 57 – 59. [蒋志刚，2004. 动物行为原理与物种保护方法. 北京：科学出版社. 57 – 59]

Jing XF, Lei CL, 2004. Advances in research on phototaxis of insects and the mechanism. *Entomological Knowledge*, 41(3): 198 – 203. [靖湘峰，雷朝亮，2004. 昆虫趋光性及其机理的研究进展. 昆虫知识，41(3): 198 – 203]

Kelber A, Balkenius A, Warrant EJ, 2002. Scotopic colour vision in nocturnal hawkmoths. *Nature*, 419(6910): 922 – 925.

Klowden MJ, 2013. Physiological Systems in Insects. 2nd ed. Science Press, Beijing. 253 – 257. [Klowden MJ, 2013. 昆虫生理系统(第 2 版). 北京：科学出版社. 253 – 257]

Li JQ, Yang ZQ, Zhang YL, Mei ZX, Zhang YR, Wang XY, 2009. Biological control of *Batocera horsfieldi* (Coleoptrea: Cerambycidae) by releasing its parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Coleoptrea: Bothrideridae). *Scientia Silvae Sinicae*, 45(9): 94 – 100. [李建庆，杨忠岐，张雅林，梅增霞，张玉荣，王小艺，2009. 利用花绒寄甲防治杨树云斑天牛的研究. 林业科学，45(9): 94 – 100]

Li Z, Liu TH, Tao B, Ma Z, He YZ, 2014. Attractiveness of wheat bran and its volatiles to larvae of *Athetis lepigone* (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(5): 572 – 580. [李哲，刘廷辉，陶晡，马卓，何运转，2014. 麦麸及其挥发性物质对二点委夜蛾幼虫的引诱作用. 昆虫学报，57(5): 572 – 580]

Lim J, Oh H, Park S, Koh S, Lee S, 2012. First record of the family Bothrideridae (Coleoptera) in Korea represented by the wood-boring beetle ectoparasite, *Dastarcus helophoroides*. *J. Asia-Pac. Entomol.*, 15(2): 273 – 275.

Milet-Pinheiro P, Ayasse M, Schlindwein C, Dobson HEM, Dötterl S, 2012. Host location by visual and olfactory floral cues in an oligolectic bee: innate and learned behavior. *Behav. Ecol.*, 23(3): 531 – 538.

Qin RH, Li ML, Zhang YN, Yang ZQ, 2012. Screening for the release conditions of *Dastarcus helophoroides* to control *Monochamus alternatus*. *Journal of Northwest Agricultural and Forest University (Natural & Science Edition)*, 40(2): 92 – 96. [秦瑞豪，李孟楼，张翌楠，杨忠岐，2012. 花绒寄甲防治松褐天牛最佳释放条件的筛选. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，40(2): 92 – 96]

Qin XX, Gao RT, 1988. Study on biological characteristics of *Dastarcus helophoroides* and its application. *Entomology Knowledge*, 25(2): 109 – 112. [秦锡祥，高瑞桐，1988. 花绒坚甲生物学特性及应用研究. 昆虫知识，25(2): 109 – 112]

Shang YC, 2005. Animal Behavior. Peking University Press, Beijing. 225 – 233. [尚玉昌，2005. 动物行为学. 北京：北京大学出版社. 225 – 233]

Tadahisa U, 2003. Preliminary release experiments in laboratory and outdoor cages of *Dastarcus helophoroides* Fairmaire (Coleoptera: Bothrideridae) for biological control of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). *Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute*, 2(4): 255 – 262.

Tang H, Yang ZQ, Zhang YN, Li GW, 2007. Technical researches on distinguishing female and male alive adults of the main parasite of longhorn beetles, *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bethrideriidae), without injuring. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 32(3): 649 – 654. [唐桦，杨忠岐，张翌楠，李广武，2007. 天牛主要寄生性天敌花绒寄甲活体雌雄性成虫的无损伤鉴别. 动物分类学报，32(3): 649 – 654]

Wang XM, Ren GD, Ma F, 1996. Classification position of *Dastarcus helophoroides* and its applied prospects. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 5(2): 75 – 78. [王希蒙，任国栋，马峰，1996. 花绒穴甲的分类地位及应用前景. 西北农业学报，5(2): 75 – 78]

Warrant EJ, Dacke M, 2011. Vision and visual navigation in nocturnal insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 56: 239 – 254.

Warrant EJ, Kelber A, Gislén A, Greiner B, Ribi W, Wcislo WT, 2004. Nocturnal vision and landmark orientation in a tropical halictid bee. *Curr. Biol.*, 14(15): 1309 – 1318.

Wei JR, Lu XP, Jiang L, 2013. Monoterpenes from larval frass of two cerambycids as chemical cues for a parasitoid, *Dastarcus helophoroides*. *J. Insect Sci.*, 13(1): 1 – 12.

Wei JR, Niu YL, 2012. Evaluation of biological control of *Anoplophora*

glabripennis (Coleoptera: Cerambycidae) by releasing adult *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Zopheridae): a case study in Xi'an city, northwestern China. *Acta Entomologica Sinica*, 54 (12): 1399 - 1405. [魏建荣, 牛艳玲, 2012. 西安城区环境中释放花绒寄甲成虫对光肩星天牛的生物防治效果评价. 昆虫学报, 54(12): 1399 - 1405]

Wei JR, Wang SY, Niu YL, Tang YL, 2010. Cold tolerance of *Dastarcus helophoroides*. *Forest Pest and Disease*, 29(5): 19 - 20. [魏建荣, 王素英, 牛艳玲, 唐艳龙, 2010. 花绒寄甲耐寒性研究. 中国森林病虫, 29(5): 19 - 20]

Wei JR, Yang ZQ, Hao HL, Du JW, 2008. (*R*)-(+)-limonene, kairomone for *Dastarcus helophoroides*, a natural enemy of longhorned beetles. *Agr. Forest Entomol.*, 10(4): 323 - 330.

Wei JR, Yang ZQ, Ma JH, Tang H, 2007. Progress on the research of *Dastarcus helophoroides*. *Forest Pest and Disease*, 26(3): 23 - 25. [魏建荣, 杨忠岐, 马建海, 唐桦, 2007. 花绒寄甲研究进展. 中国森林病虫, 26(3): 23 - 25]

Wei JR, Yang ZQ, Niu YL, Zhao HB, Tang H, 2009. Distribution and ecological biology of *Dastarcus helophoroides*. *Forest Pest and Disease*, 28(1): 16 - 18. [魏建荣, 杨忠岐, 牛艳玲, 赵海彬, 唐桦, 2009. 花绒寄甲的分布与生态学习性补充调查. 中国森林病虫, 28(1): 16 - 18]

Wei JR, Yang ZQ, Poland TM, Du JW, 2009. Parasitism and olfactory responses of *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) to different cerambycid hosts. *BioControl*, 54(6): 733 - 742.

Wei JR, Yang ZQ, Tang H, Ma JH, Du JW, 2008. Behavior of a cerambycid parasitoid beetle (*Dastarcus helophoroides*). *Scienta Silvae Sinicae*, 44(7): 50 - 55. [魏建荣, 杨忠岐, 唐桦, 马建海, 杜家纬, 2008. 花绒寄甲成虫的行为观察. 林业科学, 44(7): 50 - 55]

Yang MF, Yang DX, Xu J, Liu JF, Wu CX, 2013. Diurnal rhythm of adult behavior of the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(8): 952 - 959. [杨茂发, 杨大星, 徐进, 刘健锋, 武承旭, 2013. 稻水象甲成虫活动行为的日节律. 昆虫学报, 56(8): 952 - 959]

Yang ZQ, 2004. Advance in bio-control researches of the important forest insect pests with natural enemies in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 20(4): 221 - 227. [杨忠岐, 2004. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展. 中国生物防治, 20(4): 221 - 227]

Yang ZQ, Wang XY, Zhang YN, 2014. Recent advances in biological control of important native and invasive forest pests in China. *Biol. Control*, 68: 117 - 128.

Yang ZQ, Wang XY, Zhang YN, Situ CN, Wang J, Fu FY, 2012. Control effect of the pine wood nematode disease transmitted by *Monochamus alternatus* through releasing parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) and using bait-trees. *Chinese Journal of Biological Control*, 28(4): 490 - 495. [杨忠岐, 王小艺, 张翌楠, 司徒春南, 王健, 付甫永, 2012. 释放花绒寄甲和设置诱木防治松褐天牛对松材线虫病的控制作用研究. 中国生物防治学报, 28(4): 490 - 495]

Zhang YL, Yang ZQ, Zhang YN, Wang XY, Wu CJ, Ma SF, Lu ZG, 2014. Biocontrol of the overwinter *Monochamus alternatus* with *Dastarcus helophoroides*. *Scientia Silvae Sinicae*, 50(3): 92 - 98. [张彦龙, 杨忠岐, 张翌楠, 王小艺, 吴成进, 马生福, 陆之贵, 2014. 利用花绒寄甲防治越冬后松褐天牛试验. 林业科学, 50(3): 92 - 98]

Zhong BZ, Xu ZF, Qin WQ, 2009. Influence of temperature on functional response of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) attacking larvae of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(4): 395 - 400. [钟宝珠, 许再福, 覃伟权, 2009. 温度对麦蛾柔茧蜂功能反应的影响. 昆虫学报, 52(4): 395 - 400]

(责任编辑: 赵利辉)